

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-121883
(43)Date of publication of application : 28.04.2000

(51)Int.Cl. G02B 6/42
G02B 6/32

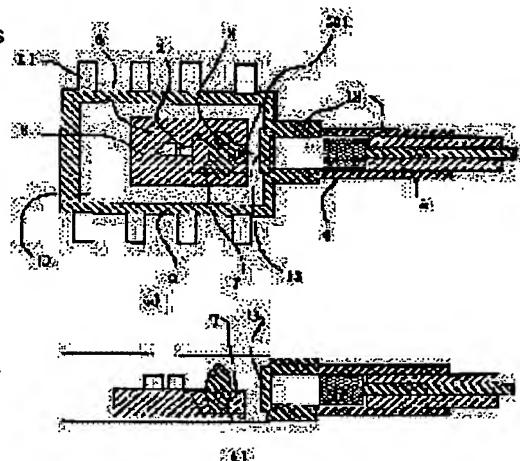
(21)Application number : 10-294910 (71)Applicant : HITACHI LTD
(22)Date of filing : 16.10.1998 (72)Inventor : TATENO KIMIO
YOSHIDA KOJI
FUKUDA KAZUYUKI
NAKA HIROSHI
KIKUCHI SATORU

(54) OPTICAL COMMUNICATION DEVICE AND NETWORK DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To align a semiconductor laser and an image forming element with high precision by setting the shortest distance between the optical axis of the image forming element and the light emission point of the semiconductor laser or the position of the light emission point below a specific value and making the image forming element substantially satisfy a sine condition.

SOLUTION: The image forming element 3 is arranged on a V groove 7 formed on a silicon substrate 6 and the semiconductor laser 2 is also positioned on the silicon substrate 6, so the image forming element 3 and semiconductor laser 2 can be aligned in submicron order. The shortest distance between the optical axis of the image forming element 3 and the light emission point of the semiconductor laser 2 or the position of the light emission point is ≤ 1 mm and the image forming element 3 substantially satisfies the sine condition. The image forming element 3 can have its wave front aberration quantity below a half of the wavelength only on the lens optical axis, but also within a body position range of tens of microns nearby it and the image performance of the diffraction limit is guaranteed on an optical fiber incidence end surface.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-121883

(P2000-121883A)

(43)公開日 平成12年4月28日 (2000.4.28)

(51)Int.Cl.⁷

G 0 2 B 6/42
6/32

識別記号

F I

G 0 2 B 6/42
6/32

テーマコード(参考)
2 H 0 3 7

審査請求 未請求 請求項の数28 O.L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平10-294910

(22)出願日 平成10年10月16日 (1998.10.16)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 立野 公男

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 吉田 幸司

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 100068504

弁理士 小川 勝男

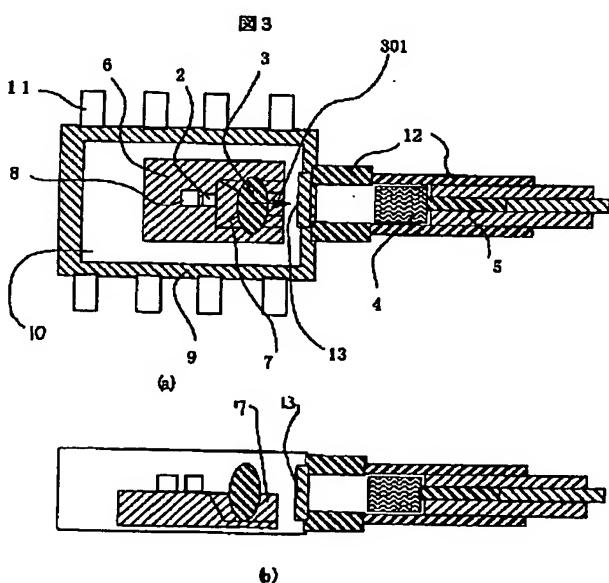
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光通信装置およびネットワーク装置

(57)【要約】

【課題】 半導体レーザと光ファイバとの結合効率向上、シリコン基板への平面実装による小型化、安定化、高信頼化を目的とする。

【解決手段】 半導体レーザ、光ファイバと共に、正弦条件をほぼ満足する結像素子をV溝付きのシリコン基板に実装する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体レーザ素子、結像素子および光ファイバを搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して前記光ファイバに導くように構成された光通信装置において、前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、

前記結像素子の光軸と前記半導体レーザの発光点又は発光点の位置との最短距離は1mm以下であり、前記結像素子は正弦条件を実質的に満足することを特徴とする光通信装置。

【請求項2】半導体レーザ素子、結像素子および光ファイバを搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して前記光ファイバに導くように構成された光通信装置において、

前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、

前記結像素子はその直径が10ミクロン以上2mm以下であり、

前記結像素子の物体側で前記結像素子の光軸と前記半導体レーザの発光点又は発光点の位置との最短距離は2mm以下であり、前記結像素子によって生じる半導体レーザの像の波面収差の最大値が半導体レーザの発光波長の1/2未満であることを特徴とする光通信装置。

【請求項3】前記半導体レーザと前記結像素子とで構成される光学系の主光線の方向と前記光ファイバの主光線の方向とのなす角度が前記半導体レーザと前記ファイバとの光結合効率が最大となる角度 θ_{max} から、 θ_{max} の時の光結合効率の値の十分の一となる角度 $\theta_{1/10}$ の範囲にあることを特徴とする請求項2記載の光通信装置。

【請求項4】前記半導体レーザの発光点の位置を前記基板の前記結像素子を搭載した面に平行な面内であって、かつ、前記結像素子の光軸に対して垂直の方向にずれた位置とすることにより、前記半導体レーザと前記結像素子によって結ばれる像点とで構成される光学系の光軸と、前記結像素子の光軸とが所定の角度 θ ($\theta \neq 0$) で交わることを特徴とする請求項2記載の光通信装置。

【請求項5】半導体レーザ素子、結像素子および光ファイバを搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して前記光ファイバに導くように構成された光通信装置において、

前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、

前記結像素子の光軸と前記半導体レーザの発光点又は発光点の位置との最短距離は1mm以下であり、前記結像素子の該半導体レーザ側の開口数 (ここで、開口数は $n \sin \alpha$ で表わされる。 α :広がり角、 n :屈折率である。以下、同じ。) が、前記半導体レーザ光の開口数と略一致し、前記結像素子の前記光ファイバ側の開口数が前記光ファイバの開口数と略一致し、

前記半導体レーザと前記結像素子とで構成される光学系の主光線の方向と前記光ファイバの主光線の方向とのなす角度が前記半導体レーザと前記ファイバとの光結合効率が最大となる角度 θ_{max} から、 θ_{max} の時の光結合効率の値の十分の一となる角度 $\theta_{1/10}$ の範囲にあることを特徴する光通信装置。

装置。

【請求項6】半導体レーザ素子、結像素子および光ファイバを搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して前記光ファイバに導くように構成された光通信装置において、前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、

前記結像素子の光軸と前記半導体レーザの発光点又は発光点の位置との最短距離は1mm以下であり、前記半導体レーザと前記結像素子とで構成される光学系の主光線の方向と前記光ファイバの主光線の方向とのなす角度 θ が前記半導体レーザと前記ファイバとの光結合効率が最大となる角度 θ_{max} から、 θ_{max} の時の光結合効率の値の十分の一となる角度 $\theta_{1/10}$ の範囲にあることを特徴とする光通信装置。

【請求項7】半導体レーザ素子、結像素子および光ファイバを搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して前記光ファイバに導くように構成された光通信装置において、

前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、

前記結像素子の光軸と前記半導体レーザの発光点又は発光点の位置との最短距離は1mm以下であり、前記結像素子の該半導体レーザ側の開口数 (ここで、開口数は $n \sin \alpha$ で表わされる。 α :広がり角、 n :屈折率である。以下、同じ。) が、前記半導体レーザ光の開口数と略一致し、前記結像素子の前記光ファイバ側の開口数が前記光ファイバの開口数と略一致し、

前記半導体レーザと前記結像素子とで構成される光学系の主光線の方向と前記光ファイバの主光線の方向とのなす角度が前記半導体レーザと前記ファイバとの光結合効率が最大となる角度 θ_{max} から、 θ_{max} の時の光結合効率の値の十分の一となる角度 $\theta_{1/10}$ の範囲にあることを特徴する光通信装置。

【請求項8】前記半導体レーザの発光点の位置を前記基板の前記結像素子を搭載した面に平行な面内であって、かつ、前記結像素子の光軸に対して垂直の方向にずれた位置とすることにより、前記半導体レーザと前記結像素子によって結ばれる像点とで構成される光学系の光軸と、前記結像素子の光軸とが所定の角度 θ ($\theta \neq 0$) で交わることを特徴とする請求項7記載の光通信装置。

【請求項9】半導体レーザ素子、結像素子および光ファイバを搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して前記光ファイバに導くように構成された光通信装置において、

前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、

前記半導体レーザの発光点の位置を前記基板の前記結像素子を搭載した面に平行な面内であって、かつ、前記結像素子の光軸に対して垂直の方向にずれた位置とすることを特徴とする光通信

とにより、前記半導体レーザと前記結像素子によって結ばれる像点とで構成される光学系の光軸と、前記結像素子の光軸とが所定の角度 θ ($\theta \neq 0$) で交わることを特徴とする光通信装置。

【請求項10】半導体レーザ素子、結像素子および光ファイバを搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して前記光ファイバに導くように構成された光通信装置において、前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、

前記結像素子の光軸と前記半導体レーザの発光点又は発光点の位置との最短距離は1mm以下であり、前記結像素子の該半導体レーザ側の開口数（ここで、開口数は $n \sin \alpha$ で表わされる。 α ：広がり角、 n ：屈折率である。以下、同じ。）が、前記半導体レーザ光の開口数と略一致し、前記結像素子の前記光ファイバ側の開口数が前記光ファイバの開口数と略一致し、

前記半導体レーザと前記結像素子とで構成される光学系の主光線の方向と前記光ファイバの主光線の方向とのなす角度が前記半導体レーザと前記ファイバとの光結合効率が最大となる角度 θ_{\max} から、 θ_{\max} の時の光結合効率の値の十分の一となる角度 $\theta_{1/10}$ の範囲にあることを特徴する光通信装置。

【請求項11】半導体レーザ素子、結像素子および光ファイバを搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して前記光ファイバに導くように構成された光通信装置において、

前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、

前記結像素子はその直径が10ミクロン以上2mm以下であり、

前記結像素子の物体側で前記結像素子の光軸と前記半導体レーザの発光点又は発光点の位置との最短距離は2mm以下であり、前記結像素子によって生じる半導体レーザの像の波面収差の最大値が半導体レーザの発光波長の1/2未満であり、

前記結像素子と前記光ファイバの一の端面との光軸上にアイソレータを設け、前記アイソレータの入射端面の法線と、前記半導体レーザと前記結像素子とで構成される光軸とが所定の角度 θ ($\theta \neq 0$) で交わることを特徴とする光通信装置。

【請求項12】半導体レーザ素子、結像素子および光ファイバを搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して前記光ファイバに導くように構成された光通信装置において、

前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、

前記結像素子の光軸と前記半導体レーザの発光点又は発光点の位置との最短距離は1mm以下であり、前記結像素子の該半導体レーザ側の開口数（ここで、開口数は $n \sin \alpha$ で表わされる。 α ：広がり角、 n ：屈折率である。以下、同じ。）が、前記半導体レーザ光の開口数と略一致し、前記結像素子の前記光ファイバ側の開口数が前記光ファイバの開口数と略一致し、

前記結像素子と前記光ファイバの一の端面との光軸上にアイソレータを設け、前記アイソレータの入射端面の法線と、前記半導体レーザと前記結像素子とで構成される光軸とが所定の角度 θ ($\theta \neq 0$) で交わることを特徴とする光通信装置。

【請求項13】半導体レーザ素子、結像素子および光ファイバを搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して前記光ファイバに導くように構成された光通信装置において、前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、

前記結像素子の光軸と前記半導体レーザの発光点又は発光点の位置との最短距離は1mm以下であり、前記結像素子と前記光ファイバの一の端面との光軸上にアイソレータを設け、前記アイソレータの前記半導体レーザ素子からのレーザ光の入射端面の法線と、前記結像素子の光軸とが所定の角度 θ (θ は鋭角) で交わるように前記アイソレータを設けることを特徴とする光通信装置。

【請求項14】半導体レーザ素子、結像素子および光ファイバを搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して前記光ファイバに導くように構成された光通信装置において、前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、

前記結像素子はその直径が10ミクロン以上2mm以下であり、前記結像素子の物体側で前記結像素子の光軸と前記半導体レーザの発光点又は発光点の位置との最短距離は2mm以下であり、前記結像素子によって生じる半導体レーザの像の波面収差の最大値が半導体レーザの発光波長の1/2未満であり、

前記結像素子と前記光ファイバの一の端面との光軸上にアイソレータを設け、前記アイソレータの前記半導体レーザ素子からのレーザ光の入射端面の法線と、前記結像素子の光軸とが所定の角度 θ (θ は鋭角) で交わるように前記アイソレータを設けることを特徴とする光通信装置。

【請求項15】半導体レーザ素子、結像素子および光ファイバを搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して前記光ファイバに導くように構成された光通信装置において、前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、

前記結像素子の光軸と前記半導体レーザの発光点又は発光点の位置との最短距離は1mm以下であり、前記結像素子の該半導体レーザ側の開口数（ここで、開口数は $n \sin \alpha$ で表わされる。 α ：広がり角、 n ：屈折率である。以下、同じ。）が、前記半導体レーザ光の開口数と略一致し、前記結像素子の前記光ファイバ側の開口数が前記光ファイバの開口数と略一致し、

子の該半導体レーザ側の開口数（ここで、開口数は $n \sin \alpha$ で表わされる。 α :広がり角、 n :屈折率である。以下、同じ。）が、前記半導体レーザ光の開口数と略一致し、前記結像素子の前記光ファイバ側の開口数が前記光ファイバの開口数と略一致し、

前記結像素子と前記光ファイバの一の端面との光軸上にアイソレータを設け、前記アイソレータの前記半導体レーザ素子からのレーザ光の入射端面の法線と、前記結像素子の光軸とが所定の角度 θ （ θ は鋭角）で交わるように前記アイソレータを設けることを特徴とする光通信装置。

【請求項16】前記半導体レーザ素子、前記結像素子および前記基板はデュアルインライン型パッケージに搭載されていることを特徴とする請求項1乃至15のいずれか一に記載の光通信装置。

【請求項17】前記半導体レーザ素子、前記結像素子、アイソレータおよび前記基板はデュアルインライン型パッケージに搭載されていることを特徴とする請求項11乃至15のいずれか一に記載の光通信装置。

【請求項18】前記光ファイバの端部は前記パッケージに対して着脱可能に構成されていることを特徴とする請求項16または17のいずれか一に記載の光通信装置。

【請求項19】前記結像素子は正弦条件を実質的に満足することを特徴とする請求項2乃至18のいずれか一に記載の光通信装置。

【請求項20】第1の光ファイバからの出射光を第1の結像素子で結像して光変調器、光増幅器、光スイッチ、光検出器、波長多重用光デバイスまたはアッドドロップ用光素子の少なくとも1つの光素子に導き、前記光素子からの出射光を第2の結像素子で集光して第2の光ファイバに導くように構成され、前記結像素子は基板上に形成されたV字の断面形状をしたV溝に搭載され、前記結像素子は正弦条件を実質的に満足することを特徴とする光通信装置。

【請求項21】半導体レーザ素子、結像素子および光ファイバを搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して前記光ファイバに導くように構成され、前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、前記結像素子の光軸と前記半導体レーザの発光点又は発光点の位置との最短距離は1mm以下であり、前記結像素子が正弦条件を実質的に満足するアッセンブリ、フォトディテクタおよび波長合成・分離フィルタを有する光モジュールを少なくとも一つの局側と複数の加入者側にそれぞれ設置し、前記局側に設置された前記光モジュールと前記加入者側に設置された前記光モジュールの間に分岐デバイスを配置して信号を分岐する手段を設け、前記局側に設置された前記光モジュールに搭載された前記半導体レーザ素子は波長 λ_1 の出力を有し、前記加入者側に設置された前記光モジュールに搭載された前記半

導体レーザ素子は前記波長 λ_1 とは異なる波長 λ_2 の出力を有し、

前記局側に設置された前記光モジュールと前記複数の加入者側に設置された前記光モジュールとの間で双方向光通信を行うことが可能に構成されたネットワーク装置。

【請求項22】半導体レーザ素子、結像素子および光ファイバを搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して前記光ファイバに導くように構成され、前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、前記結像素子はその直径が10ミクロン以上2mm以下であり、前記結像素子の物体側で前記結像素子の光軸と前記半導体レーザの発光点又は発光点の位置との最短距離は2mm以下であり、前記結像素子によって生じる半導体レーザの像の波面収差の最大値が半導体レーザの発光波長の1/2未満であり、前記結像素子が正弦条件を実質的に満足するアッセンブリ、フォトディテクタおよび波長合成・分離フィルタを有する光モジュールを少なくとも一つの局側と複数の加入者側にそれぞれ設置し、前記局側に設置された前記光モジュールと前記加入者側に設置された前記光モジュールの間に分岐デバイスを配置して信号を分岐する手段を設け、前記局側に設置された前記光モジュールに搭載された前記半導体レーザ素子は波長 λ_1 の出力を有し、前記加入者側に設置された前記光モジュールに搭載された前記半導体レーザ素子は前記波長 λ_1 とは異なる波長 λ_2 の出力を有し、

前記局側に設置された前記光モジュールと前記複数の加入者側に設置された前記光モジュールとの間で双方向光通信を行うことが可能に構成されたネットワーク装置。

【請求項23】半導体レーザ素子、結像素子および光ファイバを搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して前記光ファイバに導くように構成され、前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、前記結像素子の光軸と前記半導体レーザの発光点又は発光点の位置との最短距離は1mm以下であり、前記結像素子の該半導体レーザ側の開口数（ここで、開口数は $n \sin \alpha$ で表わされる。 α :広がり角、 n :屈折率である。以下、同じ。）が、前記半導体レーザ光の開口数と略一致し、前記結像素子の前記光ファイバ側の開口数が前記光ファイバの開口数と略一致し、前記結像素子が正弦条件を実質的に満足するアッセンブリ、フォトディテクタおよび波長合成・分離フィルタを有する光モジュールを少なくとも一つの局側と複数の加入者側にそれぞれ設置し、前記局側に設置された前記光モジュールと前記加入者側に設置された前記光モジュールの間に分岐デバイスを配置して信号を分岐する手段を設け、前記局側に設置された前記光モジュールに搭載された前

記半導体レーザ素子は波長 λ_1 の出力を有し、前記加入者側に設置された前記光モジュールに搭載された前記半導体レーザ素子は前記波長 λ_1 とは異なる波長 λ_2 の出力を有し、

前記局側に設置された前記光モジュールと前記複数の加入者側に設置された前記光モジュールとの間で双方向光通信を行うことが可能に構成されたネットワーク装置。

【請求項24】前記結像素子は正弦条件を実質的に満足することを特徴とする請求項20乃至23のいずれか一に記載のネットワーク装置。

【請求項25】半導体レーザ素子および結像素子を搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して光ファイバに導くように構成され、前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、前記結像素子の光軸と前記半導体レーザの発光点又は発光点の位置との最短距離は1mm以下であり、前記結像素子が正弦条件を実質的に満足する第1および第2のアッセンブリを有し、

前記第1のアッセンブリに搭載された第1の半導体レーザ素子は波長 λ_1 の出力を有し、前記第2のアッセンブリに搭載された第2の半導体レーザ素子は前記波長 λ_1 とは異なる波長 λ_2 の出力を有し、

前記第1および第2の半導体レーザ素子からの光出力は前記第1および第2の半導体レーザ素子にそれぞれ対応する第1および第2の結像素子を介して波長合波器に導かれて波長多重化され、それが光ファイバに導かれるように構成されたことを特徴とする光通信装置。

【請求項26】半導体レーザ素子および結像素子を搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して光ファイバに導くように構成され、前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、前記結像素子はその直径が10ミクロン以上2mm以下であり、前記結像素子の物体側で前記結像素子の光軸と前記半導体レーザの発光点又は発光点の位置との最短距離は2mm以下であり、前記結像素子によって生じる半導体レーザの像の波面収差の最大値が半導体レーザの発光波長の1/2未満であり、前記結像素子が正弦条件を実質的に満足する第1および第2のアッセンブリを有し、

前記第1のアッセンブリに搭載された第1の半導体レーザ素子は波長 λ_1 の出力を有し、前記第2のアッセンブリに搭載された第2の半導体レーザ素子は前記波長 λ_1 とは異なる波長 λ_2 の出力を有し、

前記第1および第2の半導体レーザ素子からの光出力は前記第1および第2の半導体レーザ素子にそれぞれ対応する第1および第2の結像素子を介して波長合波器に導かれて波長多重化され、それが光ファイバに導かれるように構成されたことを特徴とする光通信装置。

【請求項27】半導体レーザ素子および結像素子を搭載

した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して光ファイバに導くように構成され、前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、前記結像素子の光軸と前記半導体レーザの発光点又は発光点の位置との最短距離は1mm以下であり、前記結像素子の該半導体レーザ側の開口数が、前記半導体レーザ光の開口数と略一致し、前記結像素子の前記光ファイバ側の開口数（ここで、開口数は $n \sin \alpha$ で表わされる。 α :広がり角、 n :屈折率である。以下、同じ。）が前記光ファイバの開口数と略一致し、前記結像素子が正弦条件を実質的に満足する第1および第2のアッセンブリを有し、

前記第1のアッセンブリに搭載された第1の半導体レーザ素子は波長 λ_1 の出力を有し、前記第2のアッセンブリに搭載された第2の半導体レーザ素子は前記波長 λ_1 とは異なる波長 λ_2 の出力を有し、

前記第1および第2の半導体レーザ素子からの光出力は前記第1および第2の半導体レーザ素子にそれぞれ対応する第1および第2の結像素子を介して波長合波器に導かれて波長多重化され、それが光ファイバに導かれるように構成されたことを特徴とする光通信装置。

【請求項28】前記結像素子は正弦条件を実質的に満足することを特徴とする請求項25乃至27のいずれか一に記載の光通信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信装置およびネットワーク装置に関し、例えば、半導体レーザと光ファイバと光検知器と、これらを光結合する光学系を有する光通信装置およびネットワーク装置に関する。

【0002】

【従来の技術】光ファイバに半導体レーザの出力光を結合させ、遠方まで情報を伝送する光通信装置においては、半導体レーザの出力光をできるだけ高い利用効率で光ファイバに結合する必要がある。また、これらの光モジュールは、小型化、平面実装化の要請があり、ICや、LSI同様のデュアルインライン型のパッケージ内に光部品を実装し、回路ボード上にこのようなパッケージを実装する。パッケージ内部には、シリコン基板上に光素子、部品を搭載する方法が取られている。これらの光結合光学系では、半導体レーザからの光を光ファイバに結合するレンズとして、J. F. Dorman著；LIGHTWAVE, February 1998, p82に掲載されているような、図1に示す、ボール型の球面レンズ1が使用されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来のボール型レンズでは、光結合効率を向上する目的で、半導体レーザ側のNA(Numerical Aperture・開口数)をあげると、球面収差が増大し、光ファイバ入射面でのスポットがボケるため、ファイバへの光結合効率が下がるという

問題があった。さらに、半導体レーザの発光点がボールレンズの光軸上にずれて配置されると、コマ収差、非点収差、狭義の球面収差など発生し、軸上に配置されるよりもさらに光結合効率が下がるという問題があった。本発明の目的は、このような問題点を改善することにある。

【0004】

【課題を解決するための手段】本発明の実施例では、ボールレンズに替えて良好な結像特性を持つ光学素子を半導体レーザと同じシリコン基板上に搭載することを特徴の一つとする。該シリコン基板には、断面がV字形状をした溝を異方性エッチングにて形成する。そして、図3に示すように該結像素子3の光軸の方向とV溝7の長手軸の方向301とを一致させる向きに搭載する。かくして半導体レーザと結像素子を高い精度で位置合わせすることができる。該シリコン基板のV溝を精度よく形成するためには、V溝の寸法に限度があるため、該結像素子の直径は、50ミクロン以上、2mm以下とすることが望ましい。また、結像素子は正弦条件を満足することが望ましい。つまり、結像素子の光軸近傍で球面収差、コマ収差が十分取り除かれている必要がある。レンズの二面とも非球面形状を有するところの非球面レンズが本発明の実施例で用いる結像素子として代表的な例である。このような正弦条件が設計指針に盛り込まれた結像素子の他の例としては、回折格子を周期的に形成した回折光学素子、レンズに回折格子を形成したハイブリッドな結像素子、何枚かの単レンズを組み合わせた組レンズ、ガラス媒質内の屈折率に分布を形成したグレーデッドインデクスレンズなどがある。

【0005】ここで、正弦条件について説明する。本発明の実施例が対象とする光通信装置では、半導体レーザのような発振ビームの開き角の大きい光源を使用する。半導体レーザの光の利用効率を向上するために、レーザビームを受けるレンズの開口数を大きくする必要がある。これは、顕微鏡の対物レンズに近い仕様が要求されることを意味する。このような結像素子を設計するに当たっては、結像素子の軸上近傍のコマ収差が入射瞳全体に渡って同時に除かれるための判別条件があることが望ましい。この判定条件が図2を用いて説明する正弦条件である。図2(a)は光源の像が有限の距離にある場合、同図(b)は無限にある場合の正弦条件を説明するための図である。同図(a)について説明すると、軸上の物点から光軸に対して角度uだけ傾いて出射した任意の光線201が光学系を通過した後、光軸となす角をu'とする。そうすると、軸上近傍の収差、すなわち、球面収差とコマ収差とが、いま考えている光線について同時に除かれるための条件は、像側で光線が光軸と交わる位置が近軸結像点に一致することである。すなわち、球面収差が除かれると同時に、近軸横倍率をmとして、uとu'の間に $m = \sin u / \sin u'$ という関係が成立しなければな

らない。これが正弦条件である。これは、良く知られた近軸の横倍率の式を近軸領域外にまで拡張した形になっている。いま、光学系が正弦条件を満足しているとし、物体側主点Hから軸上物点までの距離をs、像側主点H'から軸上像点までの距離をs'とすれば、 $m = s' / s = \sin u / \sin u'$ となり、 $s \sin u = s' \sin u'$ となる。これは、正弦条件を満たした光学系では、横倍率が1の主平面を近軸領域外にまで広げた場合、それらの主平面202は平面でなく、それぞれ軸上物点および軸上像点を中心とする球面になることを意味している。軸上像点が無限遠にある場合の図2(b)については、光軸に平行に進む光線の高さをhとすると、 $f = h / \sin u$ となる。これは、像側主面は平面であるが、物体側主面は球面になることを意味する。光通信装置における半導体レーザと光ファイバや光導波路と結合する光学系においてもこのような正弦条件が満たされてはじめて理論限界の光結合効率を、広いトレランスで実現することが可能となる。

【0006】ここで、結像素子の収差について正弦条件とは別の観点から見ることにする。すなわち、半導体レーザからのビームを該結像素子で集光して光ファイバに導く場合、該結像素子の収差が大きいと光ファイバの入射面での集光スポットが広がり、ファイバ中に伝播される光の利用効率が下がる。また、半導体レーザと結像素子の光軸ずれがあると集光スポットの収差量が増え、やはり、ファイバ中に伝播する光量が減少する。このため、本発明の実施例での結像素子としてはその物体側で光軸から2mm以下の位置範囲で、像側の波面収差の最大値が半導体レーザの波長の2分の1以下であることが望ましい。この条件を満足することにより、集光スポットの劣化は低減でき、光ファイバへの結合効率の低下を低減することができる。

【0007】次に半導体レーザーと光ファイバ、あるいは、半導体レーザと光導波路との結合について考える。すなわち、半導体レーザや、光ファイバなどのガウシャンモードで近似できるモード同士の光結合効率eは、 $e = 4 / (NA_1 / NA_2 + NA_2 / NA_1)^2$ で与えられる。ここに、半導体レーザー、および、光ファイバの開口数をそれぞれNA₁、NA₂とする。従って、NA₁=NA₂の場合に結合効率の最大値が得られる。本発明の実施例は、半導体レーザ側のNA₁の値と光ファイバ側のNA₂の値とを、製造バラツキの範囲内で近づけることを特徴の一つとするものである。通常、半導体レーザの開口数のばらつきは、大きめに見積もって半値全幅で5度から5.5度であり、この範囲に結像素子の該半導体レーザ側の開口数を設定し、該光ファイバ側の開口数の範囲を該光ファイバの開口数のバラツキの範囲に設定することで高い光結合効率を得る。また、光アイソレータを結像素子と光ファイバとの間に設置する。これにより、半導体レーザへの戻り光の偏光面を90度回転することができ、戻り光ともとの光との干渉を低減でき、半導体レーザ出力の安定化が可能であ

る。

【0008】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例を説明する。図3は第一の実施例を説明するための図である。図3に示すように、半導体レーザ2からの光出力は、例えば非球面レンズなどの結像素子3により集光され、アイソレータ4を経てフェルールつき光ファイバ5に結合する。半導体レーザ2からの光出力の広がり角はおよそ半値全幅で約30度であるため、結像素子の物体側NAが0.2ないし0.9でほとんどの光を取り込むことができる。また、ファイバのNAは通常0.1であるから、結像素子のファイバ側のNAを約0.1とすることで、NAをほぼ一致させることができ、光結合効率を従来より高くできる。結像素子3は、シリコン基板6上に作成されたV溝7上に配置され、半導体レーザ2も同じ基板6上に位置決めできるので、結像素子3と半導体レーザ2との間でサブミクロンオーダーの位置合わせが可能である。また、結像素子3は、上述の正弦条件が満足され、レンズ光軸上のみならず、その近傍数十ミクロン以上の物体位置範囲で、波面収差量を波長の半分以下に抑制することができ、回折限界の像性能が光ファイバ入射端面上で保証される。この場合、光学系の倍率は2倍ないし9倍である。半導体レーザ2の直後には、光検知器(PhotoDetector/フォトディテクタ)8がダイボンドされ、半導体レーザ2の出力をモニタする。これらの光素子、結像素子が搭載されたシリコン基板6はパッケージ9のパッド10上に導通接着される。シリコン基板上の各々の電極からワイヤボンドでピン11に接続される。アイソレータ4、フェルールファイバ5は金属パイプ12内に納められ、金属パイプはパッケージ9に接着、あるいは、溶接される。パッケージは気密窓13および蓋により封止され、その内部の気密が確保される。以上の構成で半導体レーザと光ファイバとの光結合効率が従来よりも向上すれば、半導体レーザのキンクレベルや出力の温度特性への制限が緩和され、より高い歩留まりで光モジュールを生産することが可能になり、シリコン基板を活用した光平面実装の高信頼化、簡素化、自動化などを実現できる。

【0009】図4は、第二の実施例を説明する図である。同図において、結像素子3の光軸上におかれた半導体レーザ2と、結合光学系の光軸方向14と、その端面が斜めに加工された光ファイバ4の光軸15とが0度を越えて10度までの範囲となるようにシリコン基板の面内で光軸を傾ける配置をとる。かような配置をとる理由はつきの通りである。すなわち、ファイバ5の端面での光の屈折を考え、ファイバの屈折率とファイバ端面の周囲媒質の屈折率からスネルの法則で算出される光線の射出角度が存在し、その射出角の方向からレーザ光を入射させると、レーザ光とファイバの間で最も高い結合効率が得られるという理由である。ファイバの端面を斜めに

加工する理由は、ファイバ端面での反射光が、半導体レーザに戻り、干渉による半導体レーザ出力の揺らぎを低減するためである。すなわち、半導体レーザへの戻り光をブロックすることができ、戻り光に敏感で出力揺らぎが大きくなりがちなDFB型半導体レーザを低揺らぎで搭載可能にできるため、光伝送の長距離化、高速化、多機能化、小型化、省電力化などへの寄与が大きい。

【0010】図5は、第三の実施例を説明する図である。すなわち、結像素子3の光軸14に対し、半導体レーザ2の発光点位置をシフトさせ、発光点とレンズの絞りの中心をむすんだ主光線16の方向と、ファイバ5の主光線15との方向を一致させるものである。結像素子の収差が無視できれば、それぞれの主光線15と16の方向を完全に一致させる場合に、最も高い光結合が得られるが、実際には、発光点のシフトに伴う波面収差の増加により、ファイバへの結合効率低下となる。このため、主光線15、16を完全に一致させず、結像素子の収差の度合いに応じて、両主光線のなす角度qを0度を越えて10度以下の範囲で好ましい角度を選ぶものとする。

【0011】図6は、第四の実施例を説明する図である。すなわち、結像素子3と、ファイバ5の間に光アイソレータ4を置く。光アイソレータは、これを通過した半導体レーザ光の偏光方向を45度回転する働きを持ち、その先で反射して再び光アイソレータに逆方向から入射した時、光の偏光方向をさらに45度回転させる特性を持つ。このため、半導体レーザに戻った光はもとの光と偏光方向が90度なしており、もはや互いに干渉せず、半導体レーザの出力の揺らぎを低減する。かかる光アイソレータ4は図上、わずかに左に傾斜させて配置する。傾斜させる理由は、端面での反射光が半導体レーザ1に戻るのを防止するためである。右方ではなく、左方に傾斜させると、結像素子3による半導体レーザの発光点の像が図中、上方にシフトし、より光軸14に近づくため、収差が減少し、像の質が向上する結果、より高いファイバ光結合効率が得られることになる。

【0012】図7は、第五の実施例を説明する図である。すなわち、光ファイバ5からの光を非球面レンズなどの結像素子3に結合し、半導体光変調器17に導き、高速変調する。光変調器17の反対側から射出される高速変調された光を、第二の結像素子3で集光し、第二のファイバ5に結合させる。各々の結像素子3は、V溝上に配置され、光変調器17はシリコン基板上に形成したV溝のセンタ線18に合わせてダイボンドされるものである。光変調器17の変わりに、半導体光増幅器、光スイッチ、光検知器、各種波長多重用光デバイス、あるいは、アッドドロップ用光素子などを配置することができる。

【0013】図8は、第六の実施例を説明する図である。すなわち、上述の光デバイスを実装した光モジュ

ル19を回路基板20に搭載し、半導体レーザの駆動回路LSI、21、レシーバ22、レシーバのアンプ23などを乗せるものである。この例では、ファイバピグテール24がボード上に乗る。

【0014】図9(a) (b)は、本発明の第七の実施例を説明する図である。すなわち、光モジュール19をファイバ着脱式のパッケージとし、光コネクタ24により、ファイバ25を着脱するものである。かような構成を取れば、ファイバピグテールの引きまわしが不要となり、かつ、一括リフローによる半田付けの自動化が、光モジュールに対しても可能となる。

【0015】図10は、本発明の第八の実施例を説明する図である。すなわち、前述のシリコン基板上に搭載したサブアセンブリと、同一のパッケージ内に各種ASIC (Application Specific Integrated Circuit) 、すなわち、駆動用IC、26を搭載し、実装密度を向上するものである。

【0016】図11は、本発明の実施例を波長多重用の光モジュールに適用した例である。すなわち、半導体レーザ2、非球面レンズのような結像素子3、をシリコンV溝付き基板6に乗せたブロックを8ピン、デュアルライン型のパッケージ30内に搭載する。半導体レーザからのビームは光ファイバ5に結合される。結像素子3と光ファイバ5の間に波長選択フィルタ27を配置し、半導体レーザからのビームは透過し、逆に光ファイバ5からの光信号はフィルタ27で反射されて光ディテクタ28にいたり、光電変換され、增幅器29により増幅されて電気信号となる。すなわち、本実施例は、一つの光モジュールで送受一体化するものである。いわゆる、FSAN(Full Services Access Network Systems)でおこなわれているアクセス系の標準化会議では、加入者側の半導体レーザとして、1.3ミクロンの波長、1.5ミクロンのフォトディテクタを使う。局側の光モジュールは半導体レーザ波長を1.5ミクロン、受光フォトディテクタを1.3ミクロンとする。かのような仕様を本発明の実施例が満足するものである。本発明の実施例の特徴は高い光結合効率を有する光学系をシリコン基板上に半導体レーザなどと共に集積化できるところにある。光学系の効率を高くとることができれば、例えば図12に示すように、局側の光モジュール31からの光信号を分岐デバイス32により、N本に分岐する場合、ファイバ出力が二倍になれば、2N本に分岐可能となり、システムのコストを二倍の加入者数でシェアできるため、大幅なコスト低減をはかることができる。一般に、シングルモード光伝送では、これと逆に、加入者側の光モジュール33からの光信号を局側の光モジュール31に送る場合、N分岐デバイスを通過するとき、光出力は1/Nに減少する。このため、加入者側の光モジュール33にもより高い光結合効率が要求され、本発明の実施例による光学系が効を奏する。

【0017】図13(a)(b)は、本発明の実施例を高密度波長多重通信システムに応用した例である。すなわち、図3(a)に示した本発明の実施例による光モジュール34に僅かに波長の異なる半導体レーザを搭載したものを次々に配置し、波長合波器35に繋ぐ。波長合波器35は、互いに光路差が異なる導波路をアレー状に並べ、回折部36で、入射光を一様に次の導波路アレーに導入し、再び光路差が異なる導波路アレー37に導く。次の集光部38で一本の導波路39に至り、光ファイバ40に導かれ、受光モジュールまで、波長多重化された状態で光信号が伝送される。このような形態をとれば、一本の光ファイバに多数の波長チャンネルを設けることが可能となり、大容量の光通信網を構築することが可能となる。例えば、一つの波長で2.5Gbpsの伝送を行えるとした時、16波、32波、64波と増加すれば、それぞれ、40Gbps、80Gbps、160Gbpsと増やすことができる。さらに、一つの波長で、10Gbps、40Gbpsと向上すれば、64波多重で640Gbps、2.56Tbpsにもおよぶ大容量化が可能となる。

【0018】図13(b)は、本発明の実施例による、半導体レーザ2、非球面レンズなどの結像素子3、シリコンV溝6からなるサブアセンブリ41にやはり、発振波長の異なる半導体レーザを搭載し、おのの、順々に配置する。半導体レーザ光は波長合分波器42に入射し、波長選択フィルタ43、44、45で反射され、光ファイバ46に結合される。次のサブアセンブリ47からの光は、波長が僅かに異なるため、フィルタ43を透過してフィルタ44、45で反射され、やはりファイバ46にいたる。かくして次々に波長多重され、光ファイバ46に伝送され、上述の大容量伝送チャネルを構築することが可能となる。レシーバ、すなわち、受光はこれと逆の過程をたどればよい。

【0019】

【発明の効果】本発明の実施例によれば、光結合効率の高い光通信装置を提供することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】半導体レーザの光結合にポールレンズを用いたモジュールを示す図(従来技術)。

【図2】本発明の実施例でいう正弦条件を説明するための図。

【図3】本発明の実施例に係る結像素子をシリコンV溝に用いた光モジュールを示す図。

【図4】本発明の実施例に係るシリコン基板サブアセンブリとファイバの位置関係を説明するための図。

【図5】本発明の実施例に係る光通信装置の半導体レーザ、結像素子、光ファイバの光学的位置関係を説明するための図。

【図6】本発明の実施例に係る半導体レーザ、結像素子、光アイソレータ、光ファイバの光学的位置関係を説明するための図。

【図7】本発明の実施例に係る光ファイバ、結像素子、

光変調器、シリコン基板の位置関係を説明するための図。

【図8】本発明の実施例に係る光モジュールを回路ボードに実装した構成を示す図。

【図9】本発明の実施例に係る光モジュールをファイバ着脱式とし、ボードに実装した構成を示す図。

【図10】本発明の実施例に係るサブアセンブリをレーザ駆動ICとともに、パッケージ内に実装した構成を示す図。

【図11】本発明の実施例に係るサブアセンブリを1.3ミクロン、1.5ミクロンの異なる波長の多重化モジュールに適用した構成を示す図。

【図12】本発明の実施例に係る光モジュールを加入者用分岐デバイスに応用した構成を示す図。

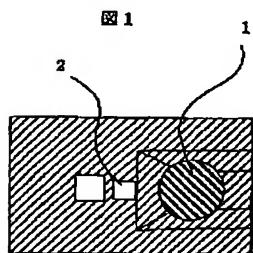
【図13】本発明の実施例に係る光モジュールを波長高密度多重方式として導波路アレー、および、波長フィルタ式合波器に適用した構成を示す図。

【符号の説明】

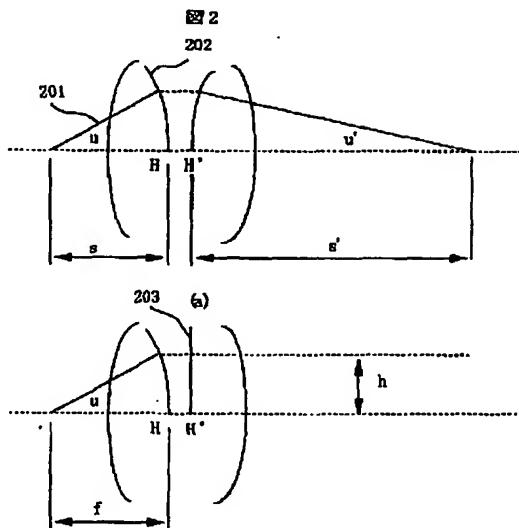
1…ポールレンズ、2…半導体レーザ、3…結像素子、

4…光アイソレータ、5…エルール付き光ファイバ、6…シリコン基板、7…V溝、8…光検知器、9…パッケージ、10…パッド、11…ピン、12…金属バイア、13…気密窓、14…レンズ光軸、15…ファイバ主光線、16…光学系の主光線、17…光変調器、18…V溝センタ、19…光モジュール、20…回路ボード、21…駆動回路IC、22…レシーバ、23…アンプ、24…光コネクタ、25…光ファイバ、26…駆動回路IC、27…波長選択フィルタ、28…フォトディテクタ、29…プリアンプ、30…デュアルインライン型パッケージ、31…局側光送受信モジュール、32…光路分岐デバイス、33…加入者側光送受信モジュール、34…光送信モジュール、35…シリコン、石英、ガラス、あるいは、ポリマー導波路基板。36…回折部、37…導波路アレー、38…集光部、39…導波路、40…光ファイバ、41…サブアセンブリ、42…合分波器、43…波長フィルタ、44…波長フィルタ、45…波長フィルタ、46…光ファイバ。

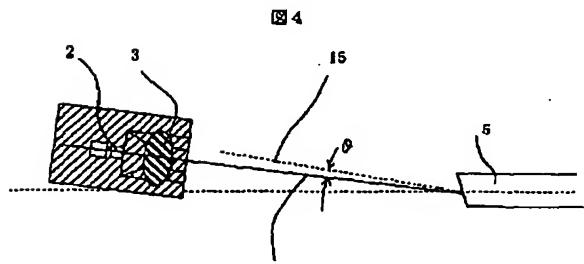
【図1】



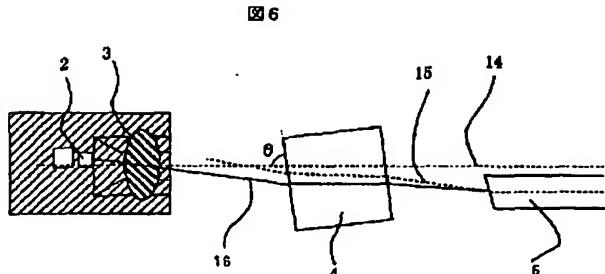
【図2】



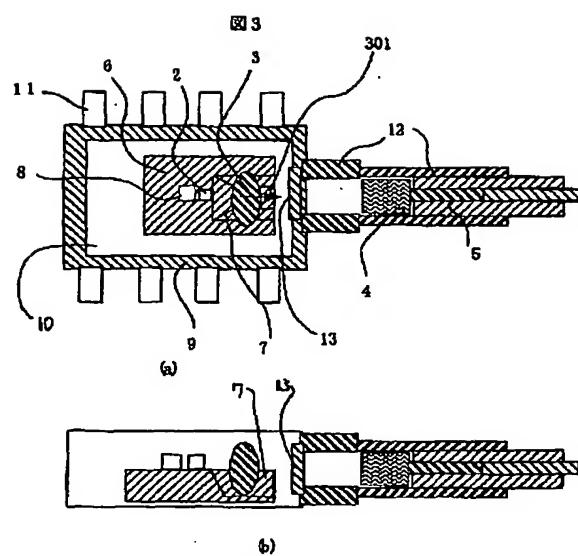
【図4】



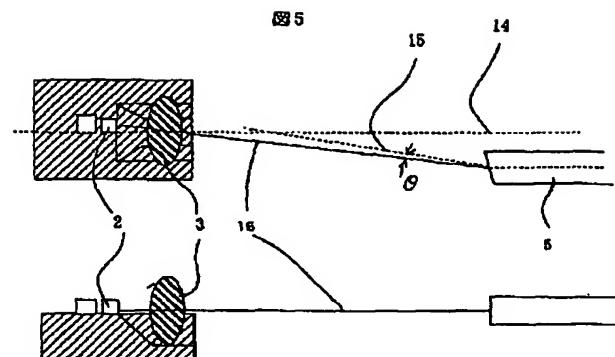
【図6】



【図3】

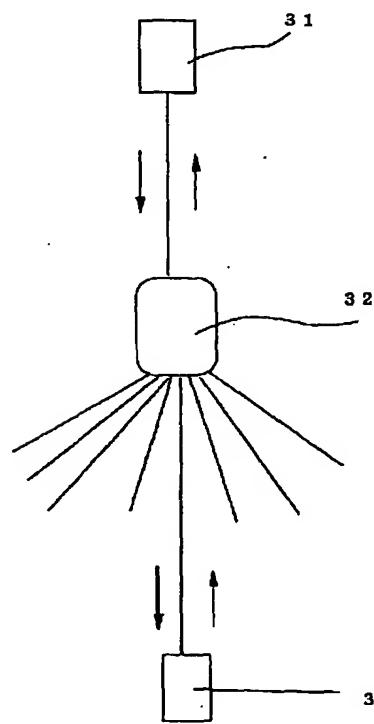


【図5】



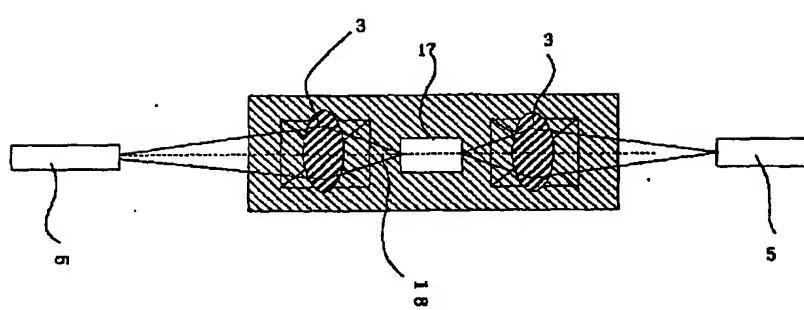
【図12】

図12



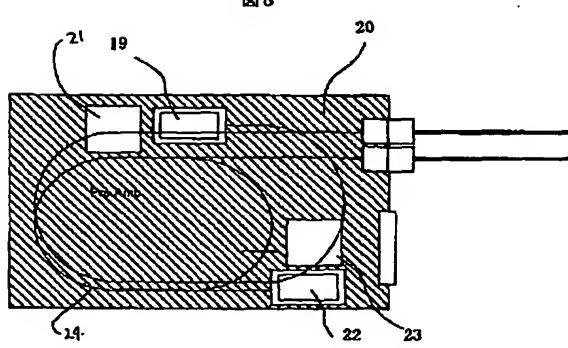
【図7】

図7

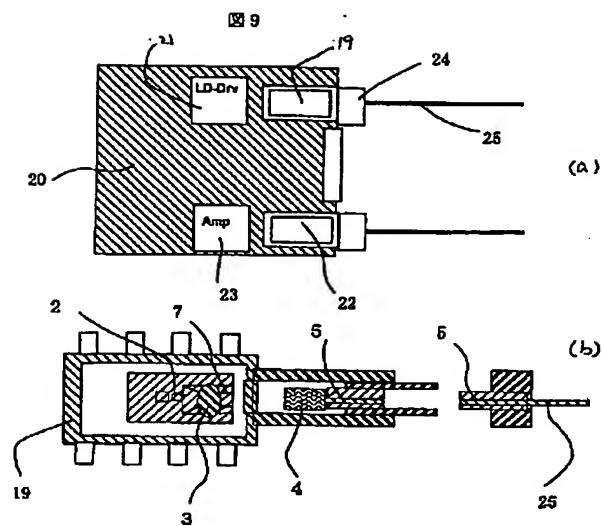


【図8】

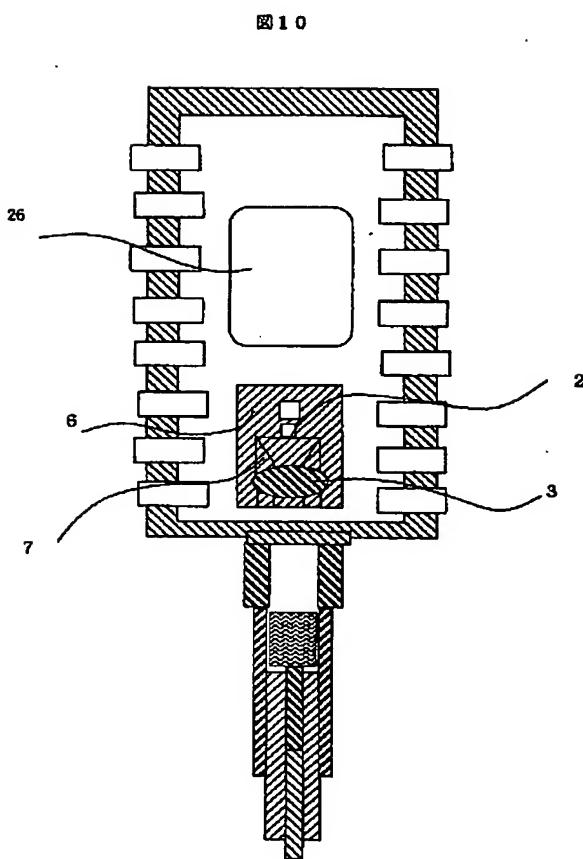
図8



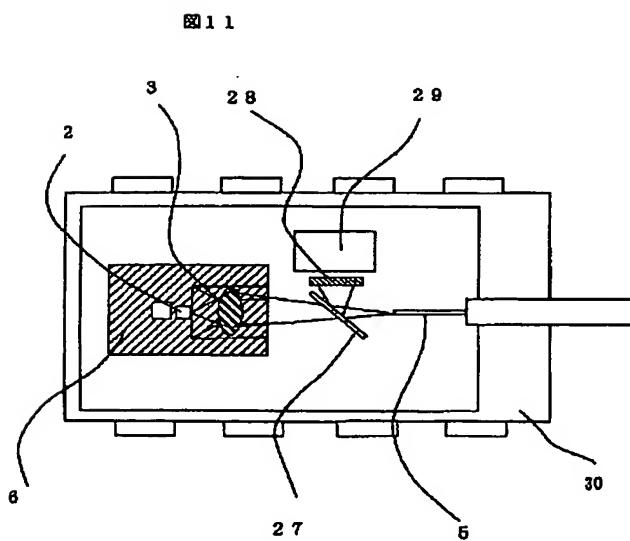
【図9】



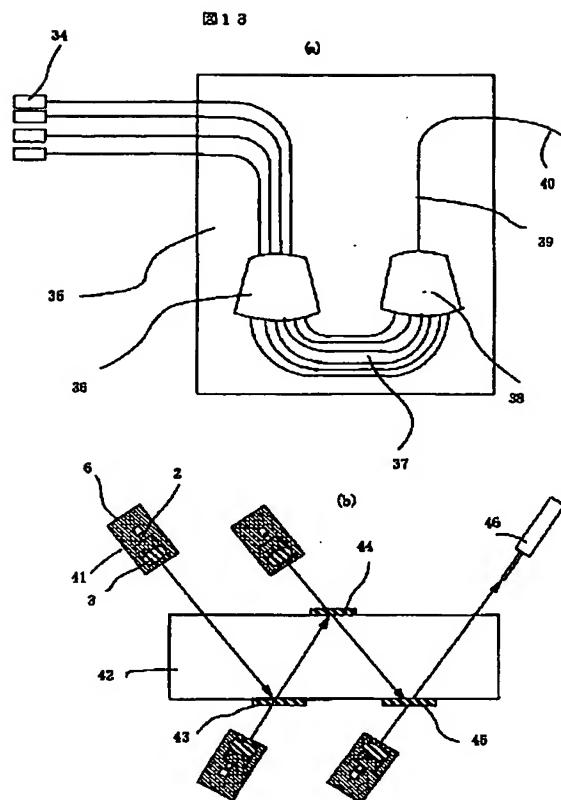
【図10】



【図11】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 福田 和之

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日
立製作所機械研究所内

(72)発明者 仲 弘

東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株
式会社日立製作所半導体事業本部内

(72)発明者 菊池 悟

埼玉県入間郡毛呂山町大字旭台15番地 日
立東部セミコンダクタ株式会社内
Fターム(参考) 2H037 AA01 BA03 BA11 DA03 DA04
DA05 DA06 DA12 DA35

【公報種別】特許法第17条の2の規定による補正の掲載

【部門区分】第6部門第2区分

【発行日】平成15年5月21日(2003.5.21)

【公開番号】特開2000-121883 (P2000-121883A)

【公開日】平成12年4月28日(2000.4.28)

【年通号数】公開特許公報12-1219

【出願番号】特願平10-294910

【国際特許分類第7版】

G02B 6/42

6/32

【F I】

G02B 6/42

6/32

【手続補正書】

【提出日】平成15年2月6日(2003.2.6)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】発明の名称

【補正方法】変更

【補正内容】

【発明の名称】光通信装置

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体レーザ素子、結像素子および光ファイバを搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して前記光ファイバに導くように構成された光通信装置において、

前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、

前記結像素子の光軸と前記半導体レーザの発光点又は発光点の位置との最短距離は1mm以下であり、前記結像素子は正弦条件を実質的に満足することを特徴とする光通信装置。

【請求項2】半導体レーザ素子、結像素子および光ファイバを搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して前記光ファイバに導くように構成された光通信装置において、

前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、

前記結像素子はその直径が10ミクロン以上2mm以下であり、

前記結像素子の物体側で前記結像素子の光軸と前記半導体レーザの発光点又は発光点の位置との最短距離は2mm以下であり、前記結像素子によって生じる半導体レーザ

の像の波面収差の最大値が半導体レーザの発光波長の1/2未満であることを特徴とする光通信装置。

【請求項3】前記半導体レーザと前記結像素子とで構成される光学系の主光線の方向と前記光ファイバの主光線の方向とのなす角度が前記半導体レーザと前記光ファイバとの光結合効率が最大となる角度 θ_{max} から、 θ_{max} の時の光結合効率の値の十分の一となる角度 $\theta_{1/10}$ の範囲にあることを特徴とする請求項2記載の光通信装置。

【請求項4】前記半導体レーザの発光点の位置を前記基板の前記結像素子を搭載した面に平行な面内であつて、かつ、前記結像素子の光軸に対して垂直の方向にずれた位置とすることにより、前記半導体レーザと前記結像素子によって結ばれる像点とで構成される光学系の光軸と、前記結像素子の光軸とが所定の角度 θ ($\theta \neq 0$) で交わることを特徴とする請求項2記載の光通信装置。

【請求項5】半導体レーザ素子、結像素子および光ファイバを搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して前記光ファイバに導くように構成された光通信装置において、

前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、

前記結像素子の光軸と前記半導体レーザの発光点又は発光点の位置との最短距離は1mm以下であり、前記結像素子の該半導体レーザ側の開口数 (ここで、開口数は $n \sin \alpha$ で表わされる。 α :広がり角、 n :屈折率である。以下、同じ。) が、前記半導体レーザ光の開口数と略一致し、前記結像素子の前記光ファイバ側の開口数が前記光ファイバの開口数と略一致することを特徴とする光通信装置。

【請求項6】半導体レーザ素子、結像素子および光ファイバを搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して前記光ファイバに導くように構成された光通信装置において、

前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像

素子が搭載され、

前記結像素子の光軸と前記半導体レーザの発光点又は発光点の位置との最短距離は1mm以下であり、前記半導体レーザと前記結像素子とで構成される光学系の主光線の方向と前記光ファイバの主光線の方向とのなす角度 θ が前記半導体レーザと前記ファイバとの光結合効率が最大となる角度 θ_{max} から、 θ_{max} の時の光結合効率の値の十分の一となる角度 $\theta_{1/10}$ の範囲にあることを特徴とする光通信装置。

【請求項7】半導体レーザ素子、結像素子および光ファイバを搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して前記光ファイバに導くように構成された光通信装置において、

前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、

前記結像素子の光軸と前記半導体レーザの発光点又は発光点の位置との最短距離は1mm以下であり、前記結像素子の該半導体レーザ側の開口数（ここで、開口数は $n \sin \alpha$ で表わされる。 α ：広がり角、 n ：屈折率である。以下、同じ。）が、前記半導体レーザ光の開口数と略一致し、前記結像素子の前記光ファイバ側の開口数が前記光ファイバの開口数と略一致し、

前記半導体レーザと前記結像素子とで構成される光学系の主光線の方向と前記光ファイバの主光線の方向とのなす角度が前記半導体レーザと前記ファイバとの光結合効率が最大となる角度 θ_{max} から、 θ_{max} の時の光結合効率の値の十分の一となる角度 $\theta_{1/10}$ の範囲にあることを特徴する光通信装置。

【請求項8】前記半導体レーザの発光点の位置を前記基板の前記結像素子を搭載した面に平行な面内であって、かつ、前記結像素子の光軸に対して垂直の方向にずれた位置とすることにより、前記半導体レーザと前記結像素子によって結ばれる像点とで構成される光学系の光軸と、前記結像素子の光軸とが所定の角度 θ （ $\theta \neq 0$ ）で交わることを特徴とする光通信装置。

交わることを特徴とする請求項7記載の光通信装置。

【請求項9】半導体レーザ素子、結像素子および光ファイバを搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して前記光ファイバに導くように構成された光通信装置において、

前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、

前記半導体レーザの発光点の位置を前記基板の前記結像素子を搭載した面に平行な面内であって、かつ、前記結像素子の光軸に対して垂直の方向にずれた位置とすることにより、前記半導体レーザと前記結像素子によって結ばれる像点とで構成される光学系の光軸と、前記結像素子の光軸とが所定の角度 θ （ $\theta \neq 0$ ）で交わることを特徴とする光通信装置。

【請求項10】半導体レーザ素子、結像素子および光ファイバを搭載した基板を有し、前記半導体レーザ素子の光出力を前記結像素子を介して前記光ファイバに導くように構成された光通信装置において、

前記基板に形成したV字の断面形状をしたV溝に前記結像素子が搭載され、

前記結像素子の光軸と前記半導体レーザの発光点又は発光点の位置との最短距離は1mm以下であり、前記結像素子の該半導体レーザ側の開口数（ここで、開口数は $n \sin \alpha$ で表わされる。 α ：広がり角、 n ：屈折率である。以下、同じ。）が、前記半導体レーザ光の開口数と略一致し、前記結像素子の前記光ファイバ側の開口数が前記光ファイバの開口数と略一致し、

前記半導体レーザと前記結像素子とで構成される光学系の主光線の方向と前記光ファイバの主光線の方向とのなす角度が前記半導体レーザと前記ファイバとの光結合効率が最大となる角度 θ_{max} から、 θ_{max} の時の光結合効率の値の十分の一となる角度 $\theta_{1/10}$ の範囲にあることを特徴する光通信装置。